



TITLE:

流出解析分野における数理最適化に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

松本, 和宏

CITATION:

松本, 和宏. 流出解析分野における数理最適化に関する研究. 京都大学, 2019, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2019-07-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22010>

RIGHT:

京都大学	博士 (工学)	氏名	松本 和宏
論文題目	流出解析分野における数理最適化に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、流出解析分野における重要な課題の一つである分布型流出モデルのパラメータセットの推定に関して、単目的最適化、多目的最適化、組み合わせ最適化の数理最適化の各技術を用いて解析する方法を提案し、宮崎県五ヶ瀬川流域と静岡県安倍川流域で発生した洪水イベントを対象にして解析した具体例と数理最適化アルゴリズムの性能について比較評価した結果などをまとめたものであって、全 9 章からなっている。</p> <p>第 1 章では、流出解析の概要、数理最適化の概要、数理最適化の分類などについて解説し、以降の各章の構成を紹介している。</p> <p>第 2 章では、単目的最適化、多目的最適化、組み合わせ最適化などの技術を流出解析分野に適用した既往研究について調査し、整理している。</p> <p>第 3 章では、解析の対象である五ヶ瀬川流域と安倍川流域について、雨量観測所の数と配置、水位観測所の数と配置、水防団待機水位などの洪水に関する諸データ、土地利用の種別などについて整理している。</p> <p>第 4 章では、解析対象流域で発生した洪水イベントに関して、国土交通省が公開している水文水質データベースに登録されている資料を用いて、雨量と流量の関係を整理している。</p> <p>第 5 章では、流量の計算に用いた、土木研究所が研究開発して一般に公開している分布型水文モデル (土研分布モデル) の概要と最適化の対象にするパラメータセットについて解説している。</p> <p>第 6 章では、解析の対象として、流域内に水位観測所が 1 か所ある五ヶ瀬川流域を取り上げ、15 洪水イベントに関して、4 種類の公開ソフトウェアが提供する 75 種類の数理最適化アルゴリズムを用いて、単目的最適化を行うことにより、土研分布モデルのパラメータセットを推定した具体例を解説し、各数理最適化アルゴリズムについての動作の妥当性と最適化の性能を評価している。</p> <p>第 7 章では、流域内に 3 水位観測所を擁する安倍川流域を対象に 9 洪水イベントに関して、2 種類の公開ソフトウェアが提供する 5 種類の数理最適化アルゴリズムを用いて多目的最適化を行い、土研分布モデルのパラメータセットを推定し、各数理最適化アルゴリズムについて、動作の妥当性と最適化の性能を評価している。</p> <p>第 8 章では、安倍川流域を対象として、複数の水位観測所における複数の洪水イベントについて観測された流量ハイドログラフを土研分布モデルによって再現する問題を取り上げて、流量ハイドログラフを少数組みのグループに分けて、それぞれのグループに属する流量について同じパラメータセットを用いて適切に計算できるようにするための組み合わせ最適化による計算手順を提案し、その有効性を評価している。</p> <p>第 9 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、流出解析分野における分布型流出モデルのパラメータセットの推定に数理最適化の技術を用いて解析した研究成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 1か所の水位観測所が配置されている五ヶ瀬川流域で発生した15洪水イベントについて、流量の再現に適した土研分布モデルのパラメータセットを単目的最適化の技術を用いて推定する際に、4種類の公開ソフトウェアが提供する75種類の単目的最適化の数理最適化アルゴリズムの性能を比較評価しやすいソフトウェア環境を整備する方法と性能を評価する方法を提案し、それにより、土研分布モデルのパラメータセットの推定に適した13種類の単目的最適化の数理最適化アルゴリズムを選定している。
2. 単目的最適化の解析において計算したパラメータセットと流量の計算誤差との関係を多角的に分析し、15洪水イベント全てについて観測流量をバランスよく再現できる一組みのパラメータセットの選出が、最新の数理最適化アルゴリズムをもってしても難しいことを見出している。
3. 3か所の水位観測所が配置されている安倍川流域で発生した9洪水イベントについて、流量の再現に適した土研分布モデルのパラメータセットを多目的最適化の技術を用いて推定する際に、2種類の公開ソフトウェアが提供する5種類の多目的最適化の数理最適化アルゴリズムの性能を比較評価しやすいソフトウェア環境を整備する方法と性能を評価する方法を提案し、それにより、土研分布モデルのパラメータセットの推定に適した2種類の多目的最適化の数理最適化アルゴリズムを選定している。
4. 多目的最適化の解析において計算したパラメータセットと流量の計算誤差との関係を多角的に分析し、9洪水イベントと3か所の水位観測所全てについて観測流量をバランスよく再現できるパラメータセットの選出が、最新の数理最適化アルゴリズムをもってしても難しいことを見出している。
5. 前項の結果を踏まえ、流域における水防活動を念頭に、増水時に計算流量が観測流量の1~1.2倍に収まることを条件として設定し、流量ハイドログラフを少数組みのグループに分けて、その各々のグループに属する流量ハイドログラフ群について精度よく再現できるパラメータセットを割り当てるため、組み合わせ最適化の技術を用いた最適化計算の手順を提案している。これにより、安倍川流域において、3か所の水位観測所で観測した9洪水イベント計27観測流量ハイドログラフを8組みのパラメータセットにより説明できることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、直轄河川である五ヶ瀬川と安倍川の2河川の流量を精度よく再現するための分布型流出モデルのパラメータセットの推定に、数理最適化の技術を適用し、各手法の長所、短所を網羅的に把握し、流出モデルが重要な役割を担う洪水管理において有益な知見を提供している。具体的には、多目的最適化では、洪水イベント毎に複数の水位観測所での計算流量の精度のバランスやトレードオフを評価できる一方、洪水イベ

氏 名	松 本 和 宏
-----	---------

ント毎にある水位観測所における計算流量の精度が良好なパラメータセットが他の水位観測所でも良好とは限らないために、優先したい内容に応じたパラメータセットの選定が解析者に委ねられることが示された。組み合わせ最適化では、複数の水位観測所と複数の洪水イベントについて、流量を複数のグループに分けて計算する場合に、精度についての条件を満足するために必要な少数のパラメータセットを明確にできる一方、進行中の洪水イベントについては、得られた少数組みのパラメータセットのどれが適しているかを事前に明確にすることが難しいことが示された。

なお、組み合わせ最適化に関する最適化事例は、複数のケースをバランスよく説明するための計算機シミュレーションのパラメータセットの推定についての問題設定と一般的に捉えることができ、流出解析分野に限らず、計算機シミュレーション全般において分野を超えて参考にできる可能性が高い。

このように、本論文で論述している、分布型流出モデルのパラメータ推定についての数値最適化の計算手順と結果は、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和元年6月26日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

